



Publiceringsdatum  
2017-11-10

ISBN: 978-91-7281-771-5

#### Kontaktpersoner

Jonas Hagström  
Enheten för miljöanalys och  
miljöplanering  
Telefon: 010-223 13 47  
[jonas.hagstrom@lansstyrelsen.se](mailto:jonas.hagstrom@lansstyrelsen.se)

Dan Arvidsson  
Botkyrka kommun  
Samhällsbyggnadsförvaltningen  
Miljöenheten  
Telefon: 0708-36 28 41  
[dan.arvidsson@botkyrka.se](mailto:dan.arvidsson@botkyrka.se)

# Vattenkvaliteten i Tumbaåns avrinningsområde 1997–2016

**Trots genomförda åtgärder mot tillförsel av näringsämnen är övergödning fortfarande ett miljöproblem i delar av Tumbaåns tätortspåverkade avrinningsområde. För fosfor är halterna i sjöar och vattendrag relativt oförändrade sedan mätningarna inleddes 1997. Halterna av kväve visar en säkerställd minskning i flera av de vattendrag som ingår i undersökningarna. Detsamma gäller totalhalterna av organiskt kol. Den tydligaste trenden är att vattnets motståndskraft mot försurande ämnen har ökat under perioden.**

## Sammanfattning

Vattenkvaliteten i Tumbaåns avrinningsområde har i viss mån förbättrats under perioden 1997–2016. Halterna av totalkväve har minskat i sjöar och vattendrag under perioden, men motsvarande förändring syns inte generellt för totalfosfor. Det går inte heller att se någon generell entydig förbättring av vattenkvaliteten ifråga om siktdjup eller mängden planktonalger (klorofyllhalt) i sjöarna. I vattendragen syns framför allt en haltminskning av totalt organiskt kol (TOC), men det går inte att härleda denna haltminskning till en minskad produktivitet i sjöarna eftersom det inte finns några entydiga trender för vattenkvaliteten i sjöarna.

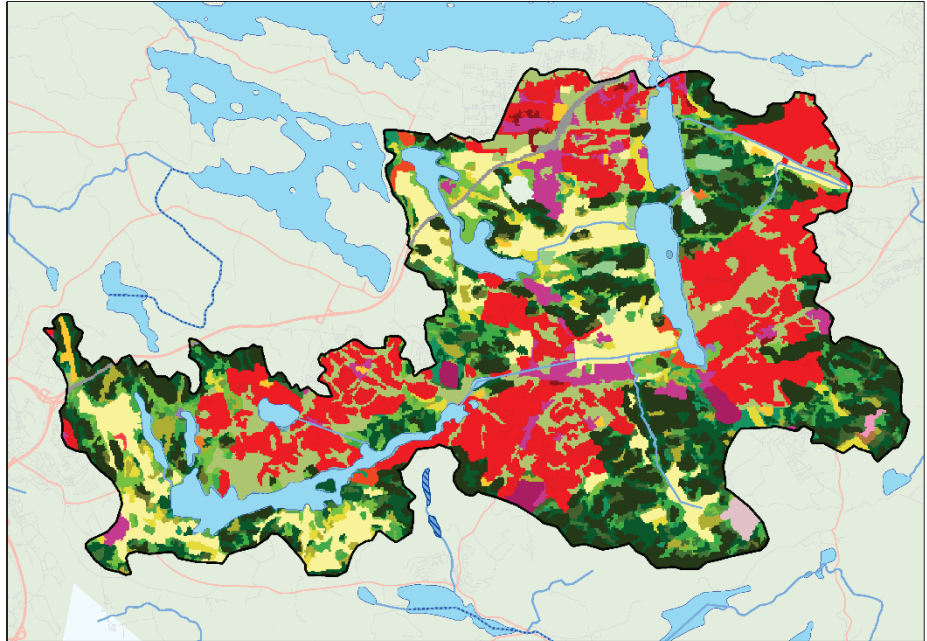
I avrinningsområdets högre belägna delar är övergödningens problematiken mest påtaglig. Detta gäller framför allt Flaten, Flatenån och Älvestabäcken som har höga halter av näringsämnen. Även Uttran, Segersjön och Aspen har övergödningens problem som behöver åtgärdas. Tullingesjön och Albysjön längst ned i systemet har bra vattenkvalitet även om belastningen av näringsämnen till dessa behöver minska ytterligare.

Fortfarande kvarstår ett stort åtgärdsbehov för att ytterligare minska belastningen av näringsämnen i de delar av Tumbaåns avrinningsområde som har stor urban påverkan. I det fortsatta åtgärdsarbetet bör högsta prioritet ges till Flaten, Flatenån, Uttran och Älvestabäcken som har de högsta halterna av näringsämnen fosfor och kväve samtidigt som de belastar nedströms belägna sjöar och vattendrag.

## Om Tumbaåns avrinningsområde

Tumbaåns avrinningsområde mynnar i Mälaren via Albysjöns utlopp. Avrinningsområdet avvattnar en areal på ca 85 km<sup>2</sup> och omfattar delar av Botkyrka, Södertälje och Salems kommuner. Delar av Huddinge kommun (Glömstadalen) avvattnas också till sjösystemet då de har ett relativt stort dagvattenutsläpp i Albysjön. Avrinningsområdet är mycket tätortspåverkat och 36 % utgörs av anlagda ytor av olika slag. Annan markanvändning utgörs av skog (45 %), jordbruksmark (10 %) samt sjöyta (8 %). Med avseende på näringsämnen är de i nuläget viktigaste åtgärdbara påverkanskällorna från mänsklig aktivitet dagvatten från tätort, enskilda avlopp och jordbruk. Avrinningsområdet har 11 sjöar som uppvisar stor variation ifråga om storlek

och mänsklig påverkan. Glasbergasjön, Dånviken och Flaten ligger högst upp. Dessa sjöar mynnar i Uttran som via Utterkalven rinner vidare till Kvarnsjön. Segersjön mynnar i Utterkalven. Vattnet rinner sedan vidare till Tullingesjön via Tumbaån som också tar emot vatten från lilla Kassmyrasjön. Från Tullingesjön rinner vattnet till Albysjön och sedan Mälaren. Sjön Aspen rinner till norra delen av Tullingesjön via Älvestabäcken.



*Figur 1. Karta över markanvändningen i Tumbaåns avrinningsområde, vars vattendelare markeras av den svarta linjen. Röda nyanser motsvarar tätort och hårdgjorda ytor. Gröna nyanser motsvarar bland- och barrskog. Gula nyanser motsvarar jordbruksmark och annan öppen mark.*

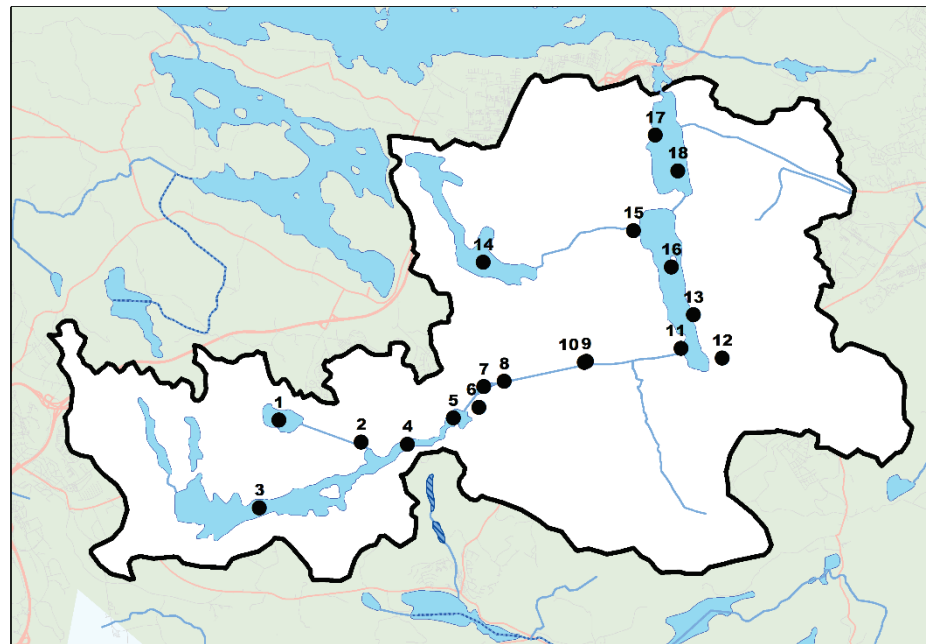
## **Bakgrund**

Sedan 1997 har Botkyrka och Salems kommuner bedrivit recipientundersökningar inom Tumbaåns avrinningsområde. Antalet fasta mätstationer inom programmet har ökat med åren. I vattendragspunkterna sker provtagning 12 gånger/år. I sjöpunkterna sker provtagning under vår och sensommar.

Av dessa mätpunkter redovisas här det urval (Tabell 1) som ger en någorlunda representativ bild av haltutvecklingen i de sjöar och vattendrag som ingår. Samtliga utvärderade mätpunkters geografiska läge framgår av Figur 2.

Tabell 1. Stationer som ingår i redovisningen. Trendanalyser omfattar endast stationer vars startår är 1997. Numreringen följer kartan. Koordinater anges i Sweref 99 TM.

Station	Stationsnamn	Startår	SWEREF Nord	SWEREF Öst
1	Flaten	1997	6565016	656332
2	Flatenån (F)	1997	6564585	657938
3	Uttran (3)	1997	6563312	655953
4	Uttran (8)	1997	6564546	658838
5	Utterkalven (7)	1997	6565057	659731
6	Segersjön	1997	6565263	660229
7	Kvarnsjön (9)	1997	6565664	660324
8	Tumbaån (32)	1997	6565769	660723
9	Dalvägen dagvattenkulvert	2003	6566157	662322
10	Tumbaån (16)	2003	6566139	662281
11	Tumbaån (19)	1997	6566410	664165
12	Skogsängsån	1997	6566220	664967
13	Tullingegårdsån	1997	6567063	664407
14	Aspen <sup>1</sup>	2003	6568083	660311
15	Älvestabäcken	1997	6568699	663237
16	Tullingesjön, norra delen	1997	6567988	663976
17	Alby dagvattentunnel	1997	6570554	663665
18	Albysjön, södra (A2)	1997	6569859	664103



Figur 2. Karta över de stationer som ingår i utvärderingen. Stationernas namn framgår av Tabell 1.

<sup>1</sup> Aspen har inte provtagits inom det kommunala recipientkontrollprogrammet sedan 2002. Stationen ingår fr. o. m. 2003 i det regionala miljöövervakningsprogrammet (Länsstyrelsen Stockholm) med provtagning en gång per år i augusti månad. Sedan 2016 tar Botkyrka (miljöenheten) prover på närsalter och syre i södra Aspen under vårvintern.

## Underlag och metoder

Här redovisas resultaten av trendanalyser av ett urval av de vattenkemiska variabler som har provtagits under perioden 1997–2016. Analyserna baseras på det icke-parametriska Mann-Kendall testet som upptäcker monotona trender i tiden: (<http://www.miljostatistik.se/mannkendall.html>). De variabler som utvärderats indikerar näringstillståndet och surhetstillståndet i sjöar och vattendrag:

- Totalfosfor
- Totalkväve
- Kväve-fosforkvot
- Klorofyll a (endast i sjöpunkter)
- Siktdjup (endast i sjöpunkter)
- Totalt organiskt kol (endast i vattendragpunkter)
- Alkalinitet och pH

Resultaten redovisas i både tabell- och diagramform. Av tabellerna framgår statistiskt säkerställda (signifikanta) trender inom respektive lokal medan figurerna tydliggör inom- och mellanårsvariationen.

Observera att trendanalyserna gällande sjöpunkterna inte är lika tillförlitliga som i vattendragpunkterna eftersom dataurvalet från sjöarna utgörs av enbart årliga augustivärden medan urvalet från vattendragpunkterna omfattar 12 månatliga värden.

Mann-Kendall test har enbart utförts i de fall obrutna tidsserier finns för hela perioden 1997–2016. Flertalet av resterande stationer med kortare tidsserier redovisas däremot i diagrammen med haltutveckling över tiden samt även i sammanställningen av medianhalter för den senaste sexårsperioden (Tabell 10).

## Resultat och diskussion

### Totalfosfor

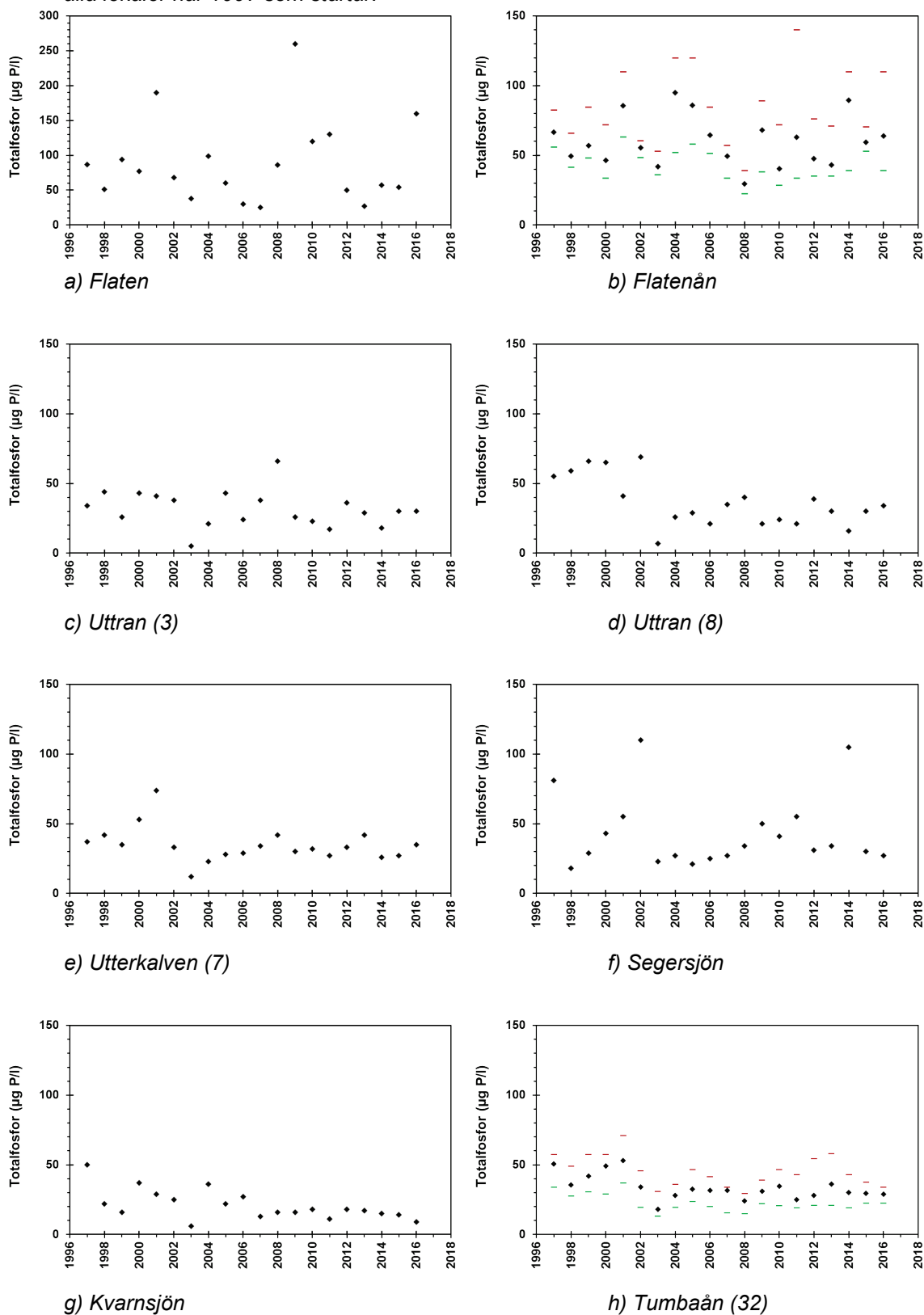
Haltutvecklingen av totalfosfor för samtliga lokaler framgår av Figur 3. Fosforhalterna uppvisar överlag ingen säkerställd tidstrend och varierar oregelbundet i flertalet mätpunkter. Undantagen är sjöpunkterna Kvarnsjön och Uttran (8), som visar en säkerställt minskande trend perioden 1997–2016 för totalfosfor på sommaren (Tabell 2). Detta styrks av att även halterna i stationen Tumbaån (32) belägen i Kvarnsjöns utlopp minskat från omkring 50 µg P/l till omkring 30 µg P/l under början av 2000-talet. Dock är denna minskning inte säkerställd. Ett liknande mönster med något högre halter i Tumbaåns huvudfåra i början av 2000-talet syns även i Uttran (3), Utterkalven och Tumbaån (19). Noterbart för ovannämnda punkter är även de överlag ovanligt låga fosforhalterna år 2003, vilket särskilt framgår i sjöpunkterna där enbart augustivärden redovisas.

De högsta fosforhalterna finns i Älvestabäcken, Flaten och Flatenån. Omvänt finns de lägsta halterna i Tullingesjön och Albysjön längst ned i systemet.

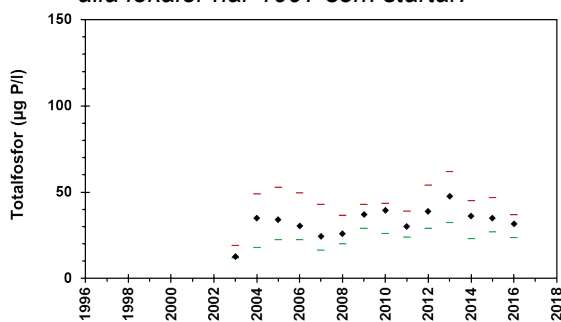
Tabell 2. Utfall av trendanalys avseende totalfosforhalter (µg P/l) i tidsserielokaler i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $+++ p < 0,001$ ;  $++ p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	Sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flatenån (F)	3	0,2819		1,20	75
Flatenån (F)	1–4	0,3642		-0,40	54
Flaten	3	0,7952		-0,51	73
Uttran (3)	3	0,1934		-0,60	30
Uttran (8)	3	0,0437	–	-1,50	32
Utterkalven (7)	3	0,2412		-0,39	33
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,0980		-0,71	32
Segersjön	3	0,6723		0,29	33
Kvarnsjön (9)	3	0,0038	--	-1,00	18
Tumbaån (32)	3	0,1245		-0,33	19
Tumbaån (32)	1–4	0,0681		-0,48	31
Tumbaån (19)	3	0,8709		-0,12	18
Tumbaån (19)	1–4	0,4090		-0,45	35
Skogsängsån	3	0,2695		0,59	27
Skogsängsån	1–4	0,1333		0,35	25
Tullingegårdsån	3	0,7208		0,17	42
Tullingegårdsån	1–4	0,8840		0,00	29
Älvestabäcken	3	0,2171		1,09	83
Älvestabäcken	1–4	0,6031		-0,24	67
Tullingesjön, norra	3	0,6024		0,10	12
Alby dagvattentunnel	3	0,1917		-0,32	17
Alby dagvattentunnel	1–4	0,4671		-0,17	23
Albysjön (A2)	3	0,2393		-0,26	13

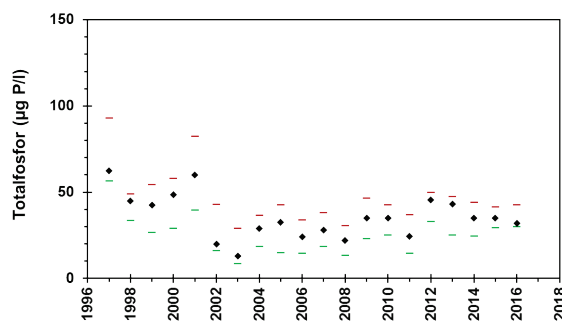
Figur 3 (a–h). Hållutvecklingen av totalfosfor i respektive tidsseriestation 1997–2016. För vattendragsstationerna är svarta symboler årsmedianvärden medan de gröna och röda ger undre och övre kvartiler. För sjöpunkterna redovisas endast augustivärden. Notera att inte alla lokaler har 1997 som startår.



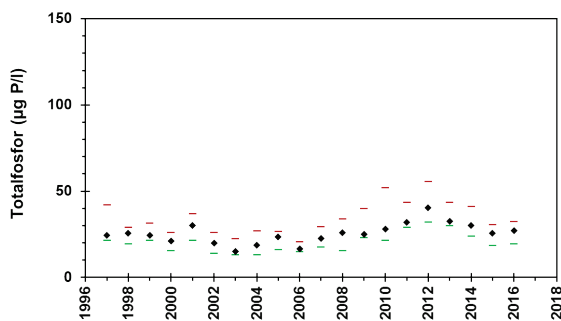
Figur 3 (i–p). Haltutvecklingen av totalfosfor i respektive tidsseriestation 1997–2016. För vattendragsstationerna är svarta symboler årsmedianvärden medan de gröna och röda ger undre och övre kvartiler. För sjöpunkterna redovisas endast augustivärden. Notera att inte alla lokaler har 1997 som startår.



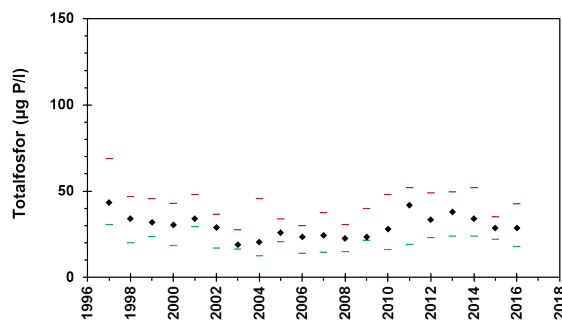
i) Tumbaån (16)



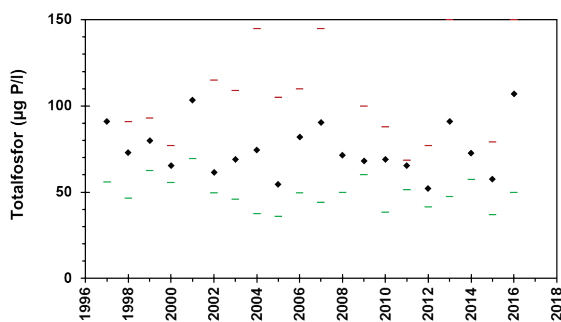
j) Tumbaån (19)



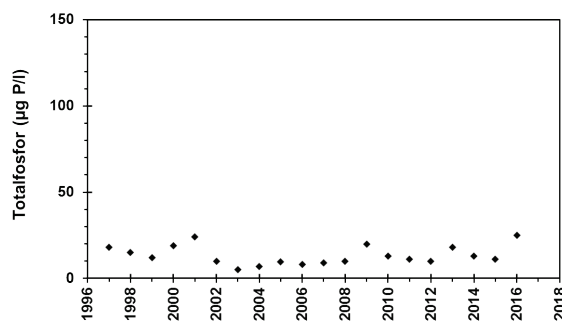
k) Skogsängsån



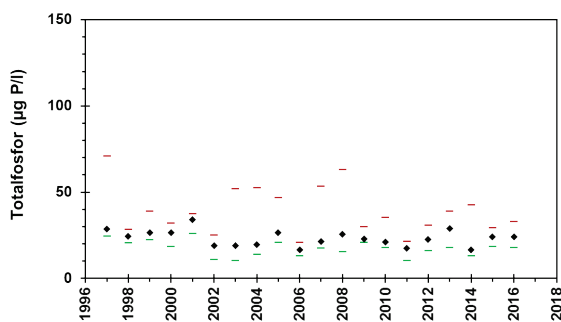
l) Tullingegårdsån



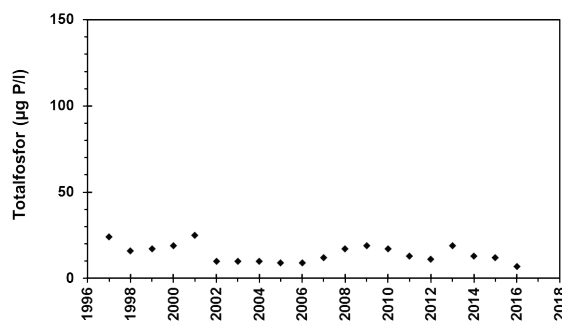
m) Älvestabäcken



n) Tullingesjön



o) Alby dagvattentunnel



p) Albysjön

### Totalkväve och kväve-fosforkvot

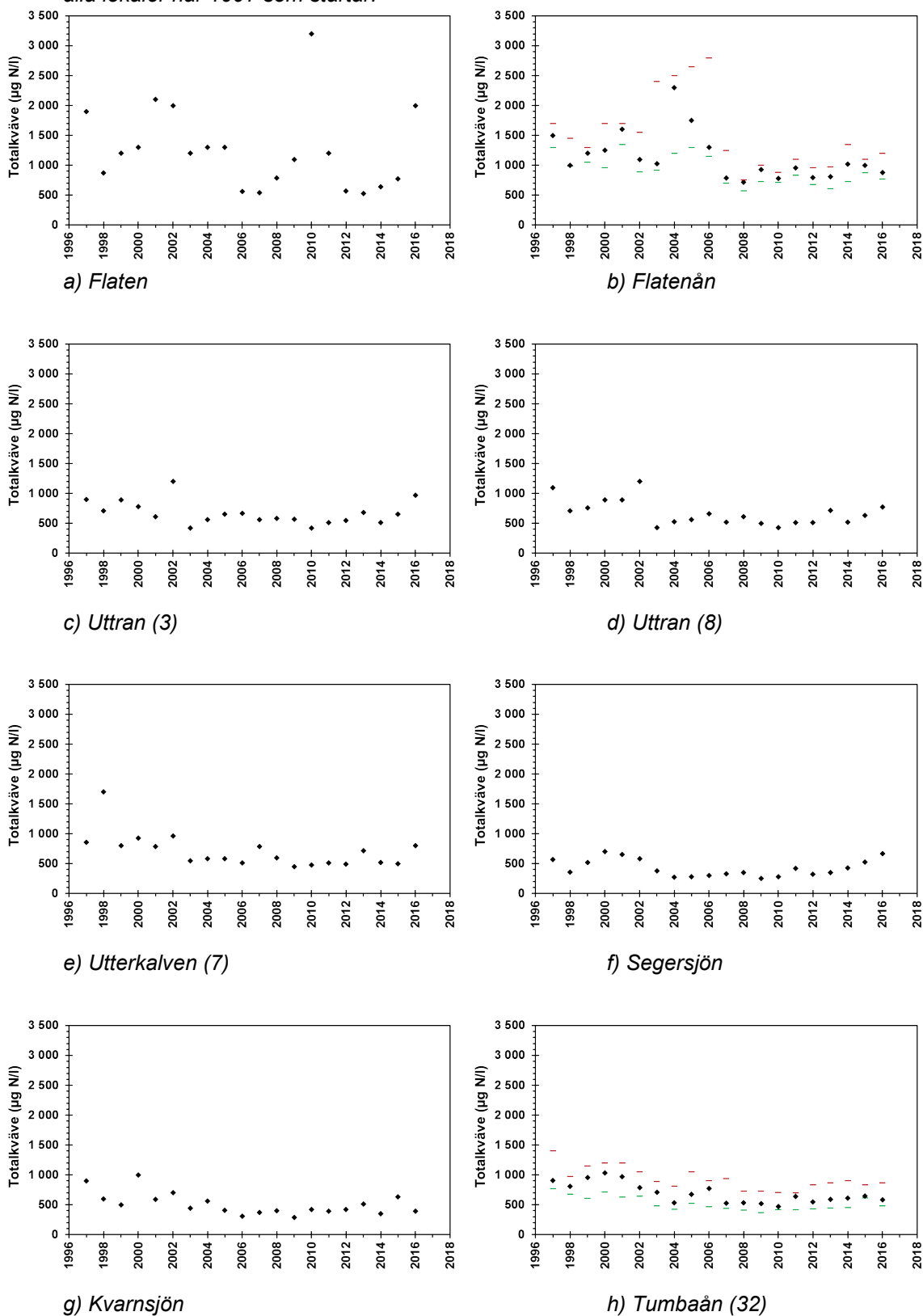
Till skillnad från totalfosfor syns en allmän, mestadels signifikant minskning av halterna av totalkväve i Tumbaåns avrinningsområde under perioden 1997–2016 (Tabell 3). Detta avspeglar sig även i minskande N:P-kvoter (Tabell 4). Haltutvecklingen av totalkväve i samtliga tidsserielokaler framgår av Figur 4. Liksom för totalfosfor finns de högsta halterna högre upp i systemet, dvs. i Flaten och Flatenån.

Tabell 3. Utfall av trendanalys avseende totalkvävehalter ( $\mu\text{g N/l}$ ) i tidsserielokaler i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

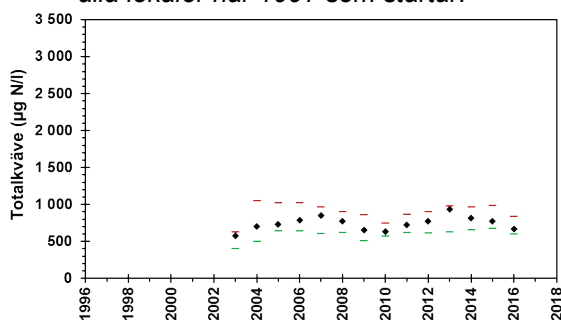
Station	Kvartal	sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flatenån (F)	3	0,0493	–	-24,9	1100
Flatenån (F)	1–4	0,0150	–	-28,6	1100
Flaten	3	0,1425		-34,3	1200
Uttran (3)	3	0,1040		-11,5	630
Uttran (8)	3	0,1186		-14,2	620
Utterkalven (7)	3	0,0093	--	-20,0	590
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,0385	–	-14,3	610
Segersjön	3	0,6967		-2,5	370
Kvarnsjön (9)	3	0,0162	–	-15,0	430
Tumbaån (32)	3	0,0051	--	-13,3	440
Tumbaån (32)	1–4	0,0039	--	-15,6	715
Tumbaån (19)	3	0,2559		-8,7	540
Tumbaån (19)	1–4	0,0267	–	-15,9	985
Skogsängsån	3	0,0020	--	-16,9	810
Skogsängsån	1–4	0,0156	–	-10,0	855
Tullingegårdsån	3	0,0160	–	-11,6	825
Tullingegårdsån	1–4	0,0013	--	-15,0	830
Älvestabäcken	3	0,0043	--	-19,6	780
Älvestabäcken	1–4	0,0046	--	-20,0	980
Tullingesjön, norra	3	0,3798		-5,4	465
Alby dagvattentunnel	3	0,1715		-6,8	425
Alby dagvattentunnel	1–4	0,0961		-7,9	630
Albysjön (A2)	3	0,5057		-3,3	400



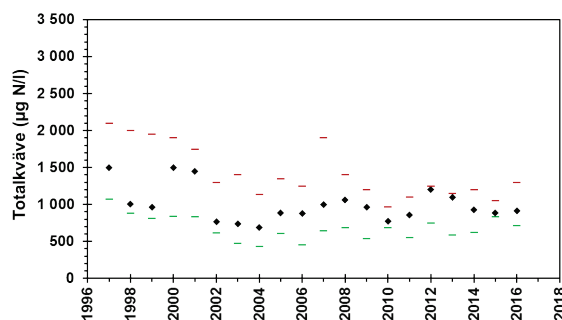
Figur 4 (a–h). Haltutvecklingen av totalkväve i respektive tidsseriestation 1997–2016. För vattendragsstationerna är svarta symboler årsmedianvärden medan de gröna och röda ger undre och övre kvartiler. För sjöpunkterna redovisas endast augustivärden. Notera att inte alla lokaler har 1997 som startår.



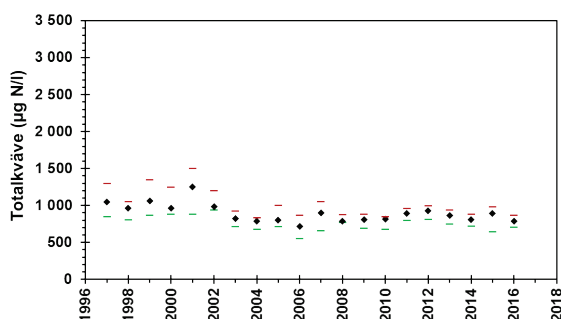
Figur 4 (i–p). Hattutvecklingen av totalkväve i respektive tidsseriestation 1997–2016. För vattendragsstationerna är svarta symboler årsmedianvärden medan de gröna och röda ger undre och övre kvartiler. För sjöpunkterna redovisas endast augustivärden. Notera att inte alla lokaler har 1997 som startår.



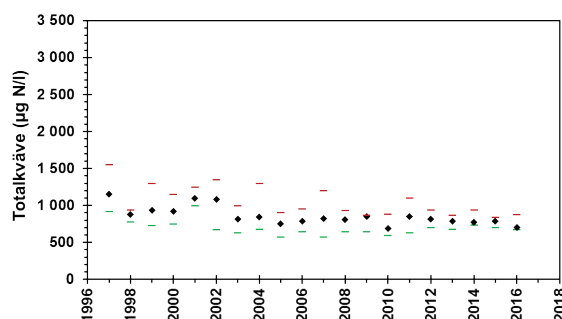
i) Tumbaån (16)



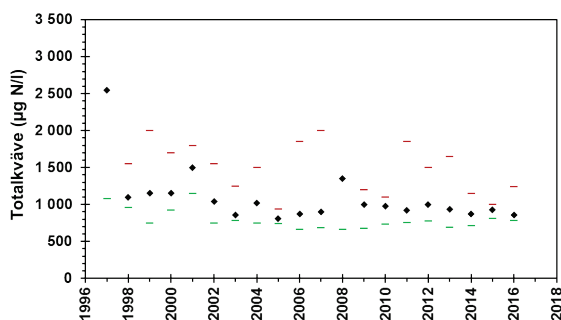
j) Tumbaån (19)



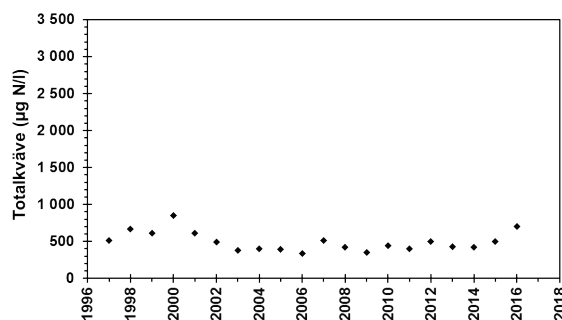
k) Skogsängsån



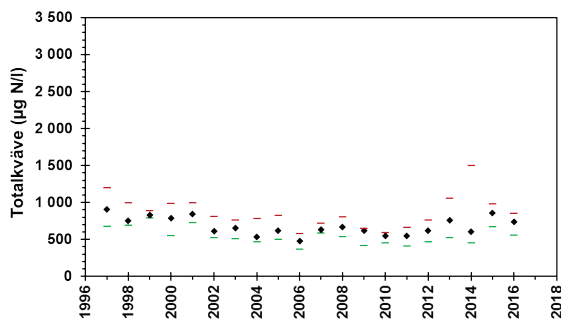
l) Tullingegårdsån



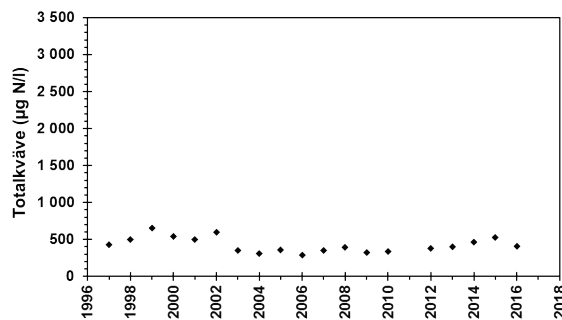
m) Älvestabäcken



n) Tullingesjön



o) Alby dagvattentunnel



p) Albysjön

Tabell 4. Utfall av trendanalys avseende kväve-fosforkvot (kvoten totalkväve/totalfosfor) i tidsserielokaler i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flatenån (F)	3	0,0010	--	-0,59	14
Flatenån (F)	1–4	0,0039	--	-0,37	20
Flaten	3	0,1944		-0,31	16
Uttran (3)	3	0,6497		0,11	22
Uttran (8)	3	0,0798		0,40	20
Utterkalven (7)	3	0,1352		-0,32	19
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,7353		0,06	20
Segersjön	3	0,3465		-0,30	11
Kvarnsjön (9)	3	0,2552		0,38	26
Tumbaån (32)	3	0,1944		-0,19	24
Tumbaån (32)	1–4	0,2909		-0,15	22
Tumbaån (19)	3	0,4754		-0,41	29
Tumbaån (19)	1–4	0,3756		-0,34	30
Skogsängsån	3	0,0195	-	-0,82	29
Skogsängsån	1–4	0,0021	--	-1,05	35
Tullingegårdsån	3	0,1356		-0,17	18
Tullingegårdsån	1–4	0,0464	-	-0,39	31
Älvestabäcken	3	0,0322	-	-0,24	10
Älvestabäcken	1–4	0,1622		-0,19	15
Tullingesjön, norra	3	0,1944		-0,83	42
Alby dagvattentunnel	3	0,5592		-0,40	28
Alby dagvattentunnel	1–4	0,8486		-0,05	28
Albysjön (A2)	3	0,4008		0,37	31

### Klorofyllhalt och siktdjup i sjölokalerna

Bland de sjölokaler med tidsseriedata från hela perioden finns enbart två med säkerställda trender för augustivärden av klorofyllhalt och siktdjup. Segersjön uppvisar en ökande trend för klorofyllhalten och i Kvarnsjön syns en förbättring av siktdjupet (Tabell 5–6 och Figur 5–6). I Flaten finns de högsta klorofyllhalterna och det minsta siktdjupet (Tabell 10 och Figur 5–6), vilket förklaras av de höga halterna av näringsämnen.

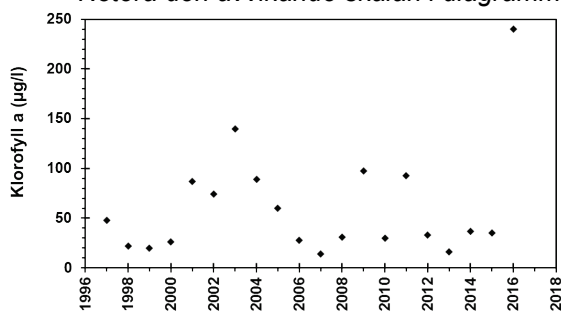
Tabell 5. Utfall av trendanalys avseende klorofyllhalter ( $\mu\text{g/l}$ ) i tidsseriesjöar i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flaten	3	0,4362		0,65	36,0
Uttran (3)	3	0,4008		0,22	15,0
Uttran (8)	3	0,7702		0,08	13,0
Utterkalven (7)	3	0,3803		0,36	19,5
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,3991		0,21	17,2
Segersjön	3	0,0052	++	0,61	11,0
Kvarnsjön (9)	3	0,3989		-0,14	7,6
Tullingesjön, norra	3	0,2987		-0,12	6,5
Albysjön (A2)	3	0,6497		0,04	6,1

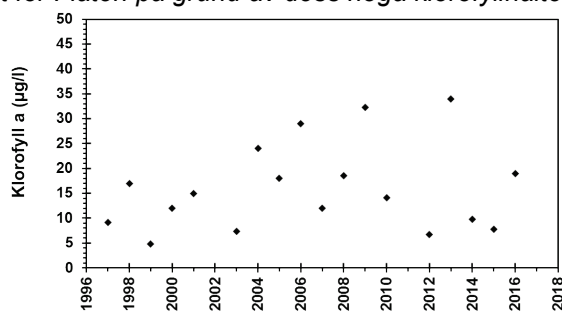
Tabell 6. Utfall av trendanalys avseende siktdjup (m) i tidsseriesjöar i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flaten	3	0,6746		0,01	0,8
Uttran (3)	3	0,9223		0,00	2,5
Uttran (8)	3	0,9741		0,00	2,4
Utterkalven (7)	3	0,9740		0,00	1,8
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,9681		0,00	2,2
Segersjön	3	0,2286		-0,04	1,9
Kvarnsjön (9)	3	0,0229	+	0,07	2,9
Tullingesjön, norra	3	0,4166		0,03	3,8
Albysjön (A2)	3	0,0780		-0,03	3,1

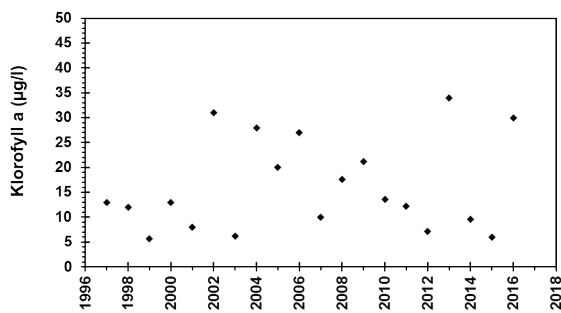
Figur 5 (a–h). Haltutvecklingen av klorofyll a i sjöpunkterna 1997–2016 (augustivärden).  
Notera den avvikande skalan i diagrammet för Flaten på grund av dess höga klorofyllhalter.



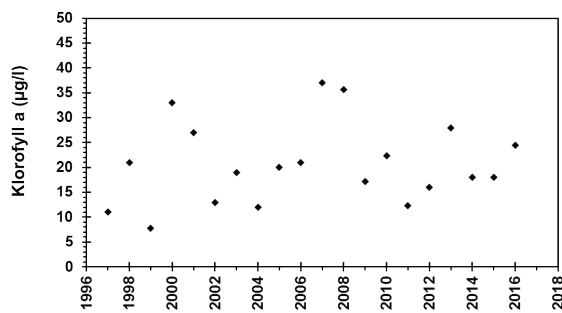
a) Flaten



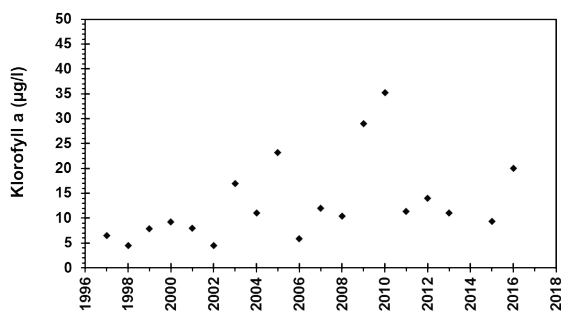
b) Uttran (3)



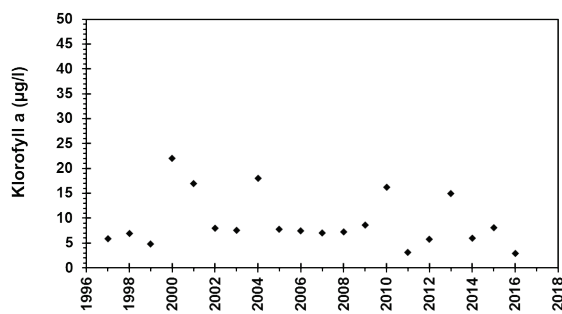
c) Uttran (8)



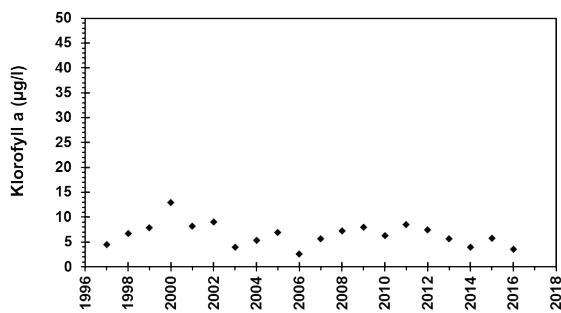
d) Utterkalven (7)



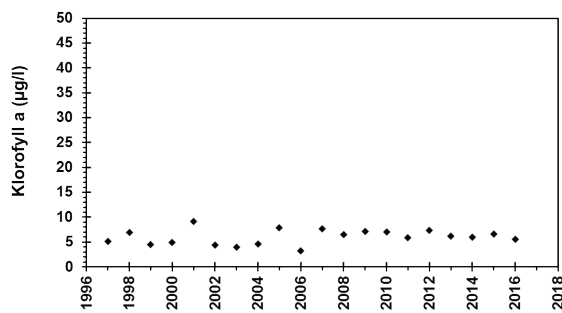
e) Segersjön



f) Kvarnsjön

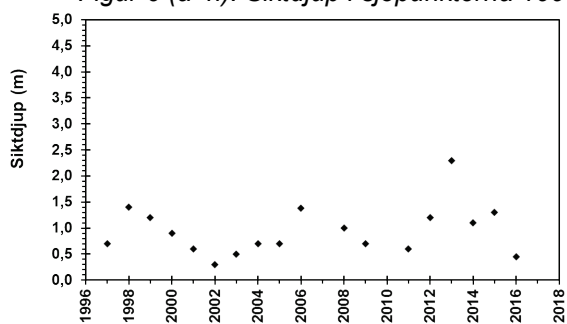


g) Tullingesjön

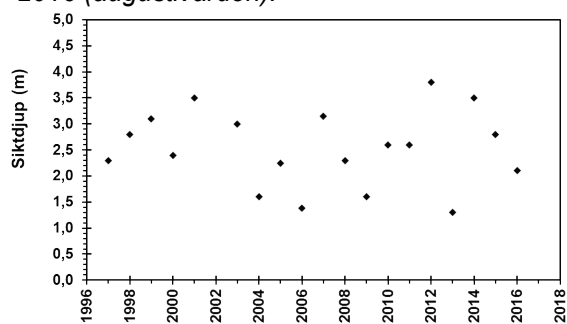


h) Albysjön

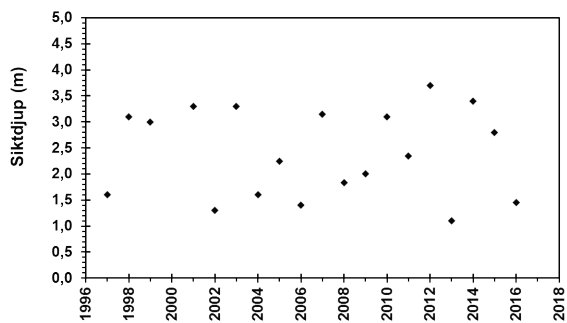
Figur 6 (a–h). Siktdjup i sjöpunkterna 1997–2016 (augustivärden).



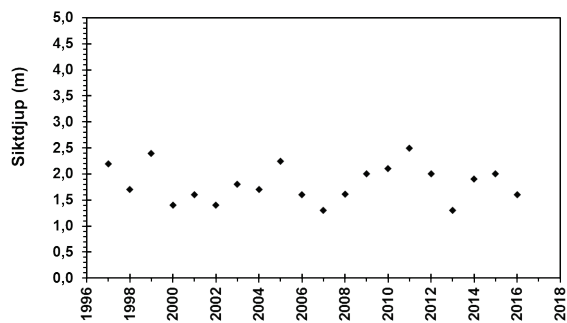
a) Flaten



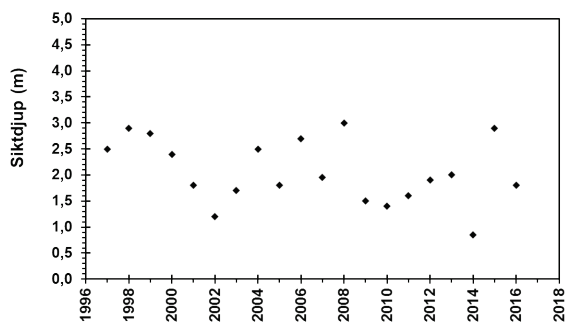
b) Uttran (3)



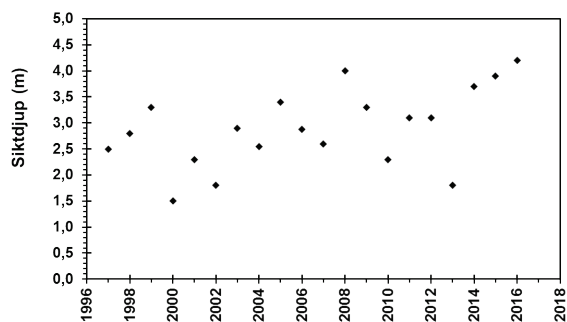
c) Uttran (8)



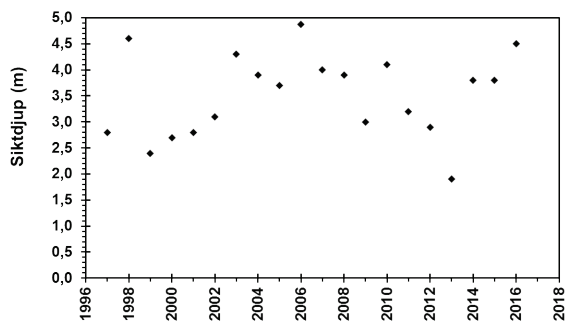
d) Utterkalven (7)



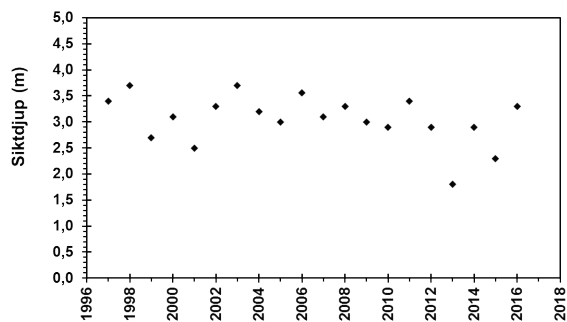
e) Segersjön



f) Kvarnsjön



g) Tullingesjön



h) Albysjön

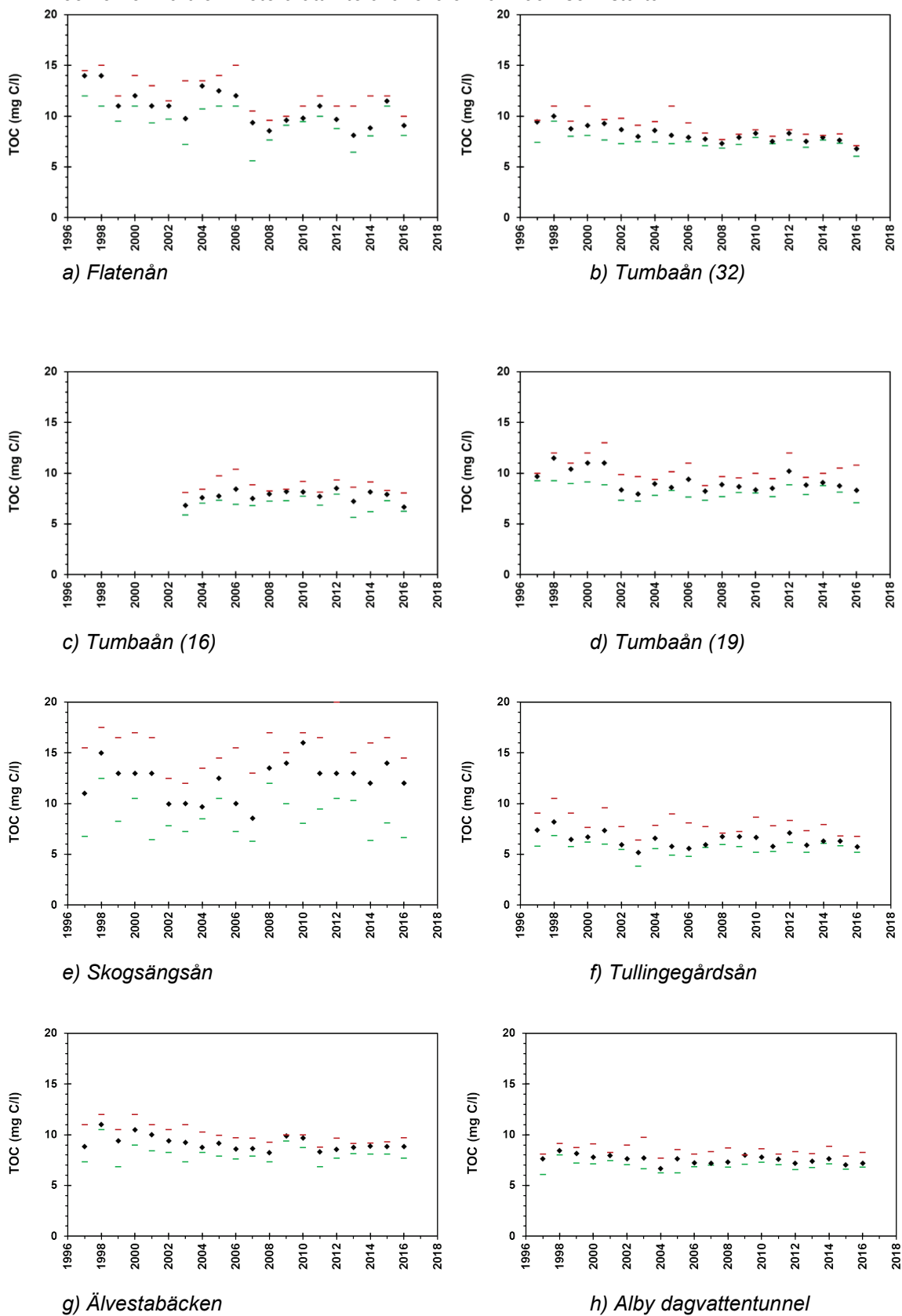
### **Totalt organiskt kol (TOC).**

En säkerställt minskande trend av halterna av TOC kan påvisas för de vattendragsstationer som ligger i ”huvudfåran” och flertalet ”biflöden”, med undantag för Skogsängså (Tabell 7). Den sistnämnda avviker även från övriga vattendrag med en mycket stor inomårsvariation av TOC-halterna (Tabell 7 och Figur 7). De minskande halterna av TOC i Tumbaån avviker från den allmänna trenden med ökande halter på nationell skala. Denna allmänna haltökning av TOC och vattenfärg (s.k. ”förbruning”) i skogsdominerade avrinningsområden i Nordeuropa och Nordamerika tros främst vara en återhämtningseffekt av minskad försurning av skogsmarken <sup>(1, 2)</sup>.

*Tabell 7. Utfall av trendanalys avseende totalt organiskt kol (TOC; mg C/l) i vattendragsstationer i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).*

Station	Kvartal	sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flatenån (F)	3	0,1252		-0,19	10,0
Flatenån (F)	1–4	0,0037	--	-0,16	11,0
Tumbaån (32)	3	0,0071	--	-0,13	7,8
Tumbaån (32)	1–4	0,0004	---	-0,10	8,1
Tumbaån (19)	3	0,0475	-	-0,10	8,2
Tumbaån (19)	1–4	0,0164	-	-0,07	9,1
Skogsängså	3	0,9741		0,00	6,9
Skogsängså	1–4	0,7873		0,00	12,0
Tullingegårdsån	3	0,6967		-0,04	6,1
Tullingegårdsån	1–4	0,0341	-	-0,06	6,3
Älvestabäcken	3	0,0542		-0,07	9,6
Älvestabäcken	1–4	0,0164	-	-0,06	9,0
Alby dagvattentunnel	3	0,1186		-0,04	7,4
Alby dagvattentunnel	1–4	0,0546		-0,03	7,4

Figur 7 (a–h). Hållutvecklingen av totalt organiskt kol (TOC) i vattendragsstationerna 1997–2016. Svarta symboler representerar årsmedianvärden medan de gröna och röda ger undre och övre kvartiler. Notera att inte alla lokaler har 1997 som startår.





## Alkalinitet och pH

Alkaliniteten är ett mått på vattnets motståndskraft (buffertkapacitet) mot försurning. Av de studerade variablerna uppvisar alkaliniteten den tydligaste ökande trenden under perioden 1997–2016 (Tabell 8). Eftersom alkaliniteten ökar från redan höga nivåer har detta ingen större effekt på vattnets pH (Tabell 9).

Tabell 8. Utfall av trendanalys avseende alkalinitet (mekv./l) i tidsserielokaler i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	Sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1998–2015
Flaten	3	0,0575		0,015	1,50
Flatenån (F)	3	0,0780		0,025	1,60
Flatenån (F)	1–4	0,0167	+	0,017	1,48
Uttran (3)	3	0,0000	+++	0,015	1,50
Uttran (8)	3	0,0001	+++	0,017	1,50
Utterkalven (7)	3	0,0057	++	0,010	1,41
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,0001	+++	0,014	1,50
Segersjön	3	0,0032	++	0,019	1,43
Kvarnsjön (9)	3	0,0039	++	0,017	1,50
Tumbaån (32)	3	0,0006	+++	0,014	1,50
Tumbaån (32)	1–4	0,0003	+++	0,013	1,50
Tumbaån (19)	3	0,0005	+++	0,011	1,30
Tumbaån (19)	1–4	0,0002	+++	0,013	1,30
Skogsängsån	3	0,6967		-0,015	2,26
Skogsängsån	1–4	0,8222		0,000	1,40
Tullingegårdsån	3	0,6255		-0,008	2,23
Tullingegårdsån	1–4	0,2846		0,009	1,62
Älvestabäcken	3	0,6708		-0,005	1,70
Älvestabäcken	1–4	0,8952		0,000	1,80
Tullingesjön, norra	3	0,0000	+++	0,015	1,24
Alby dagvattentunnel	3	0,0000	+++	0,012	1,19
Alby dagvattentunnel	1–4	0,0001	+++	0,017	1,25
Albysjön (A2)	3	0,0004	+++	0,013	1,16

Tabell 9. Utfall av trendanalys avseende pH i tidsserielokaler i Tumbaåns avrinningsområde perioden 1997–2016 (Seasonal Mann-Kendall test). Sannolikhetsvärdet avser sannolikheten att det inte finns någon monoton trend i tiden för det givna urvalet. Säkerställda tidstrender för perioden 1998–2015 fångas upp under signifikansnivå. Plustecken anger säkerställd ökning och minustecken anger säkerställd minskning med tiden ( $\pm\pm\pm p < 0,001$ ;  $\pm\pm p < 0,01$ ;  $\pm p < 0,05$ ).

Station	Kvartal	Sannolikhet (tvåsidig)	Signif. nivå	Lutning (årlig förändring)	Median för perioden 1997–2016
Flaten	3	0,8498		-0,010	8,7
Flatenån (F)	3	0,4548		0,004	7,5
Flatenån (F)	1-4	0,0371	+	0,013	7,5
Uttran (3)	3	0,5515		0,014	8,5
Uttran (8)	3	0,3830		0,014	8,5
Utterkalven (7)	3	0,8063		0,006	8,4
Uttran + Utterkalven (alla)	3	0,5053		0,011	8,5
Segersjön	3	0,8886		-0,007	7,7
Kvarnsjön (9)	3	0,6484		-0,003	7,9
Tumbaån (32)	3	0,8966		-0,004	7,7
Tumbaån (32)	1-4	0,2861		0,007	7,6
Tumbaån (19)	3	0,9224		-0,004	7,7
Tumbaån (19)	1-4	0,3007		0,007	7,6
Skogsängsån	3	0,5364		0,006	7,8
Skogsängsån	1-4	0,0836		0,009	7,7
Tullingegårdsån	3	0,2973		0,008	7,9
Tullingegårdsån	1-4	0,0258	+	0,011	7,9
Älvestabäcken	3	0,7395		0,000	7,9
Älvestabäcken	1-4	0,0214	+	0,010	7,9
Tullingesjön, norra	3	0,7000		0,003	8,2
Alby dagvattentunnel	3	0,0401	-	-0,017	8,0
Alby dagvattentunnel	1-4	0,4382		0,003	7,9
Albysjön (A2)	3	0,1719		0,012	8,2

### Slutsatser

I synnerhet Flaten och Flatenån har ett stort åtgärdsbehov för att minska belastningen av näringsämnen från de övre delarna av Tumbaåns avrinningsområde. Även Älvestabäcken, som mynnar i Albysjön, har kraftigt förhöjda halter av framför allt fosfor. Av de undersökta sjöarna uppvisar Flaten de tydligaste indikationerna på övergödning. Sjön har de högsta halterna av fosfor, kväve och klorofyll samtidigt som siktdjupet är det lägsta.

Ett tydligt mönster är att vattenkvaliteten förbättras i nedströms riktning så att halterna av näringsämnen och klorofyll a är lägst i Tullingesjön och Albysjön. I de sistnämnda sjöarna är dessutom siktdjupet i regel det största. Det är enbart Tullingesjön och Albysjön som under hela perioden uppvisar acceptabla halter av näringsämnen och klorofyll a sett till gällande bedömningsgrunder. Sjöarna är djupa vilket bidrar till effektiv självrening av vattnet genom utsedimentation av näringsämnen.

Sjöarna mellan Tullingesjön och Flaten uppvisar i varierande grad symptom på övergödning. Kvarnsjön utmärker sig särskilt med säkerställd förbättring av

vattenkvaliteten (minskande halter både kväve och fosfor samt ökande siktdjup) under perioden. Undantaget Kvarnsjön och Uttran (8) syns ingen säkerställd minskning av totalfosfor. Sett till data från den senaste sexårsperioden har Kvarnsjön acceptabla halter av näringsämnen och klorofyll och en vattenkvalitet i ytvattnet nästan i nivå med Albysjön och Tullingesjön. I Segersjön förefaller utvecklingen snarare gå i den andra riktningen med ökande klorofyllhalter. I nuläget är utöver Flaten både Uttran inklusive Utterkalven och Segersjön att betrakta som sjöar med övergödningsproblem. Även den grunda, delvis naturligt näringsrika sjön Aspen kan räknas in i den kategorin.

Aspen ingår inte i kommunernas recipientkontrollprogram, men har provtagits i regi av Länsstyrelsen Stockholm sedan 2003. Noterbart är att totalfosforhalterna i Älvestabäckens utlopp är i runda tal trefaldigt högre än i Aspen. Detta innebär att belastningen av fosfor till Älvestabäcken i huvudsak härrör från åtgärdbara fosforkällor nedströms Aspen.

Den generella haltminskningen av organiskt kol (TOC) i vattendragsstationerna bryter mot de trender med förbruning och haltökning av organiskt kol som syns på nationell skala.

Det är svårare att koppla trenderna för TOC till effekter av åtgärder mot övergödning eftersom andra indikatorer på övergödning än kväve generellt inte har förbättrats säkerställt under perioden.

Att alkaliniteten ökar i alla stationer utom Skogsängsån, Tullingegårdsån och Älvestabäcken tyder på en generell återhämtning av buffertkapaciteten mot försurning som en följd av minskat nedfall av försurande ämnen. I avrinningsområden med stor andel skogsmark och samtidig ökning av alkaliniteten brukar halter av humusämnen och TOC öka.

Tyvärr saknas tidsseriedata på filtrerad absorbans som används som indikator på halter av bruna humusämnen (vattenfärg).

Tabell 10. Medianvärden för samtliga lokaler i Tumbaåns avrinningsområde under den senaste sexårsperioden (2011–2016). Färgerna anger tillståndsklassning enligt Naturvårdsverkets äldre bedömningsgrunder (Tabell 11) från 1999<sup>(3)</sup>. Endast sjölokaler är klassade med avseende på halter av näringsämnen fosfor och kväve eftersom motsvarande bedömningsgrunder för vattendrag saknas. Sjön Aspen som inte ingår i kommunernas recipientkontrollprogram är tillagd för jämförelse med Älvestabäcken.

Station	Kvartal	pH	Alk. (mekv/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	N:P	TOC (mg/l)	Chl. a (µg/l)	Siktdj. (m)
Flaten	3	9,1	1,6	56	705	12		36,0	1,2
Flatenån (F)	3	7,7	1,9	89	920	10	9,7		
Flatenån (F)	1–4	7,7	1,6	58	920	16	10,0		
Uttran (3)	3	8,6	1,6	30	600	26		9,8	2,7
Uttran (8)	3	8,7	1,6	30	575	23		10,9	2,6
Utterkalven (7)	3	8,4	1,5	30	515	19		18,0	1,9
Segersjön	3	7,8	1,6	34	420	10	6,4	12,7	1,9
Kvarnsjön (9)	3	7,9	1,7	15	405	33	7,0	5,9	3,4
Tumbaån (32)	3	7,8	1,7	19	430	24	7,4		
Tumbaån (32)	1–4	7,7	1,6	30	620	22	7,6		
Dalvägen	3	7,6	1,7	30	755	25	6,5		
Dalvägen	1–4	7,6	1,2	32	930	26	12,0		
Tumbaån (16)	3	7,6	1,7	29	615	23	6,4		
Tumbaån (16)	1–4	7,7	1,6	37	785	22	8,0		
Tumbaån (19)	3	7,9	1,4	20	565	26	7,8		
Tumbaån (19)	1–4	7,7	1,4	36	980	28	8,9		
Skogsängsån	3	8,0	2,1	32	700	24	6,2		
Skogsängsån	1–4	7,8	1,3	31	855	27	13,0		
Tullingegårdsån	3	8,0	2,0	49	755	16	6,2		
Tullingegårdsån	1–4	7,9	1,6	33	790	24	6,2		
Aspen <sup>2</sup>	3	9,1	1,2	24	763	30	10,8	8,1	2,4
Älvestabäcken	3	8,0	1,7	91	740	8	9,0		
Älvestabäcken	1–4	7,9	1,8	66	910	15	8,7		
Tullingesjön, norra	3	8,3	1,4	12	465	34	6,9	5,8	3,5
Alby dagvattentunnel	3	8,1	1,3	15	440	30	7,2		
Alby dagvattentunnel	1–4	7,9	1,4	22	670	30	7,4		
Albysjön (A2)	3	8,3	1,3	13	410	35	7,7	6,1	2,9

<sup>2</sup> Baseras på augustivärden från det regionala miljöövervakningsprogrammet (Länsstyrelsen Stockholm), eftersom Aspen inte provtagits inom recipientkontrollprogrammet sedan 2002.

Tabell 11. Färgbenämningar på tillståndsklass enligt Naturvårdsverkets äldre bedömningsgrunder (NV Rapport 4913)<sup>(3)</sup>

Fosfor, kväve och klorofyll	Kväve-fosforkvot	Siktdjup	TOC	Absorbans (vattenfärg)
Låga halter	Kväveöverskott	Mycket stort siktdjup	Mycket låg halt	Ej eller obetydligt färgat
Måttligt höga halter	Kväve-fosforbalans	Stort siktdjup	Låg halt	Svagt färgat
Höga halter	Måttligt kväveunderskott	Måttligt siktdjup	Måttligt hög halt	Måttligt färgat
Mycket höga halter	Stort kväveunderskott	Litet siktdjup	Hög halt	Betydligt färgat
Extremt höga halter	Extremt kväveunderskott	Mycket litet siktdjup	Mycket hög halt	Starkt färgat

## Referenser

- (1) Monteith, D. T., J. L. Stoddard, C. D. Evans, H. A. de Wit, M. Forsius, T. Hogasen, A. Wilander, B. L. Skjelkvale, D. S. Jeffries, J. Vuorenmaa, B. Keller, J. Kopacek and J. Vesely (2007). *Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry*. Nature 450(7169): 537-U539.
- (2) Stoddard, J. L., D. S. Jeffries, A. Lükewille, T. A. Clair, P. J. Dillon, C. T. Driscoll, M. Forsius, M. Johannessen, J. S. Kahl, J. H. Kellogg, A. Kemp, J. Mannio, D. T. Monteith, P. S. Murdoch, S. Patrick, A. Rebsdorf, B. L. Skjelkvåle, M. P. Stainton, T. Traaen, H. van Dam, K. E. Webster, J. Wieting and A. Wilander (1999). *Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe*. Nature 401(6753): 575-578
- (3) Naturvårdsverket Rapport 4913. *Bedömningsgrunder för miljö kvaliteten: Sjöar och vattendrag*. Naturvårdsverket (1999).